

*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*

*Comment la chimie, par le biais du développement durable, participe-t-elle à la protection des océans, des mers et des eaux fluviales ?*



*Johnson Anthony Ilot - Australie*

*Professeur : Mme M.P. Bassez - Muguet*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

## Introduction

*Le 20 juillet 1969 l'Homme se pose pour la première fois sur la Lune et une évidence se pose à lui : vu de l'espace, la Terre n'est qu'une minuscule oasis fragile, perdue au milieu de l'Univers. A cette époque, la Terre comprenait 3,5 milliards d'êtres humains. Aujourd'hui, nous sommes 7 milliards ! Ce qui fait un accroissement de population de 79% en seulement 36 ans !*

*Et si l'on croit les données démographiques, la Terre sera peuplée de 10 milliards d'êtres humains avant la moitié du siècle, ce qui fait 4 milliards de bouches supplémentaires à nourrir, à loger, à chauffer, à éclairer, alors que 800 millions de personnes souffrent toujours de faim à l'heure actuelle, qu'un milliard et demi n'ont pas accès à l'eau potable, et que deux milliards ne sont pas raccordés à un réseau d'électricité !*

*Or, en 2050, si chaque habitant des pays en développement consomme autant qu'un Japonais en 1973, la consommation mondiale d'énergie sera multipliée par quatre !*

*En un demi-siècle, le niveau de vie d'une partie de l'humanité a plus évolué que pendant deux millénaires. Mais en contrepartie on a pu noter la multiplication de catastrophes industrielles telles que Tchernobyl, Seveso, Bhopal, Exxon Valdez... Sans oublier les dégâts écologiques tels que la pollution de l'air et de l'eau, la disparition d'espèces animales et végétales, la déforestation massive et la désertification...*

*D'où ces questions fondamentales : Comment concilier progrès économique et social sans mettre en péril l'équilibre naturel de la planète ? Comment répartir les richesses entre les pays riches et ceux moins développés ? Comment donner un minimum de richesses à ces millions d'hommes, de femmes et d'enfants encore démunis à l'heure où la planète semble déjà asphyxiée par le prélèvement effréné de ses ressources naturelles ? Et surtout, comment faire en sorte de léguer une terre en bonne santé à nos enfants ?*

*C'est pour apporter des réponses concrètes à ces questions qu'est né le concept de développement durable. Un concept dont la définition retenue par l'ONU est : " un développement qui répond au besoin du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ".*

*Pour y parvenir, les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile devront travailler main dans la main afin de réconcilier trois mondes qui se sont longtemps ignorés : l'économie, l'écologie et le social. À long terme, il n'y aura pas de développement possible s'il n'est pas économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement tolérable.*

*Dans le cadre de notre projet tutoré, nous nous sommes intéressées à ce qu'est le développement durable, au rôle que joue la chimie dans le développement durable, et comment celle-ci peut promouvoir le développement durable, malgré les foudres que les écologistes lancent sur elle.*

*Nous avons voulu nous intéresser plus particulièrement au développement durable concernant les mers et les océans, ce milieu étant un milieu très important pour la survie de l'Humanité. Nous*

*avons aussi pensé que les mers et les océans sont des milieux représentatifs de la planète car ils représentent environ 75% de la surface du globe. Sans le milieu aquatique, la vie terrestre n'aurait pas vu le jour, et si ce milieu venait à disparaître, il en sera de même pour la Vie, d'où son importance, et l'intérêt que nous lui portons.*

*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*

*Nous avons donc décidé d'étudier quelles démarches ont été entreprises pour le développement durable des mers et des océans, quels ont été les problèmes rencontrés pour la mise en place de certaines démarches, comment ces difficultés ont été résolues, et quels sont les projets de loi. D'autre part, nous avons voulu savoir comment la chimie analytique permet d'analyser et de protéger les eaux océaniques ou en chemin vers l'océan, ainsi que ce que signifie le terme de chimie propre et comment celle-ci peut-être mise en place. Dans un troisième temps nous avons souhaité réfléchir à ce qui pourrait être fait à l'avenir.*



[terresacree.org/developpement%20durable.htm](http://terresacree.org/developpement%20durable.htm).

.  
.  
*Plan*

Historique du développement durable

I. Le développement durable et les océans

Les problèmes, les conventions, les grandes lois et les projets de lois  
pour la protection des océans et des fleuves p.8

II. La chimie, le développement durable et les océans

A. Comment la chimie permet-elle l'analyse et la protection des eaux  
océaniques et fluviales p.13

B. La chimie verte p.21

Conclusion p.27

Bibliographie p.28

Lexique p.29

## *Historique du développement durable*

1971 : Le Club de Rome publie « Halte à la Croissance ». Face à la surexploitation des ressources naturelles liée à la croissance économique et démographique, cette association privée internationale créée en 1968, prône la croissance zéro. En clair, le développement économique est alors présenté comme incompatible avec la protection de la planète à long terme.

C'est à la conférence de Stockholm en 1972 qu'est réellement né le concept de développement durable (alors baptisé éco-développement), et que sont adoptés, au niveau international, les principes de base du développement durable : c'est à l'homme qu'incombe la responsabilité de la protection et de l'amélioration de l'environnement pour les générations présentes et futures ; la sauvegarde des ressources naturelles de la Terre doit faire l'objet d'une programmation et d'une gestion appropriées et vigilantes, tandis que la capacité de la Terre à produire des ressources vitales renouvelables doit être conservée et améliorée. La mise en œuvre et l'application de ces principes sont confiées au Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), qui est créé à cette occasion.

1983 : l'Assemblée générale des Nations unies décide d'instituer une Commission mondiale sur l'environnement et le développement (également appelée Commission Brundtland, du nom de sa présidente Madame Gro Harlem Brundtland). Cette Commission mondiale est chargée de trouver une solution au problème de la satisfaction des besoins primaires d'une population mondiale en accroissement constant. Elle est composée de ministres, de scientifiques, de diplomates et de législateurs. Pendant trois ans elle procédera à une série de consultations sur tous les continents. A son terme, un tableau de priorités est dressé : examiner les questions environnementales les plus urgentes et créer de nouvelles formes de coopération internationale pour faire face de manière globale à chaque problème spécifique, élever le niveau de conscience et d'éducation « écologiques » des responsables politiques et des citoyens, obtenir un engagement et une participation active accrus de la part de tous (individus, associations, industries, institutions, gouvernements).

1987 : La Commission mondiale sur l'environnement et le développement rend le rapport intitulé « Notre avenir à tous » (ou mieux connu sous l'appellation de Rapport Brundtland). Une définition du développement durable est donnée : c'est « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». Cette définition sous-entend qu'un environnement dégradé et appauvri de ses ressources n'est pas capable de garantir un développement économiquement viable et socialement acceptable. La protection de l'environnement n'est donc plus considérée comme un obstacle au développement, mais au contraire comme une condition nécessaire à un développement durable.

1992 : Conférence de Rio (ou Sommet de la Terre). Elle réunit les représentants de 172 pays (dont 120 chefs d'Etat), diverses organisations gouvernementales et 2400 représentants d'organisations non-gouvernementales (ONG). L'objectif de cette conférence est de définir des stratégies efficaces pour concilier les exigences des pays en voie de développement et celles des pays industrialisés.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

Outre une série de conventions sur des questions environnementales spécifiques (changement climatique, biodiversité et protection des forêts), la conférence de Rio établit une « Charte de la Terre », dans laquelle sont énoncées des directives pour la mise en place de politiques économiques plus équilibrées. Cette charte s'accompagne d'un programme d'actions, baptisé Agenda 21 (ou Action 21), qui doit servir de référence pour comprendre et identifier les initiatives qu'il est nécessaire d'entreprendre pour un développement durable au XXI<sup>e</sup> siècle.

Néanmoins, le succès de la conférence est compromis par le refus de certain gouvernements de respecter les échéances et les objectifs proposés par l'Assemblée Générale des Nations Unies (notamment la réduction d'émissions de gaz à effet de serre) ou de souscrire à certaines conventions importantes (telle que celle sur la biodiversité). La conférence de Rio permet cependant une sensibilisation de la société civile et des autorités politiques aux questions environnementales.

À la suite de la conférence de Rio est créée la Commission du développement durable. Celle-ci est chargée de suivre l'état d'avancement de l'application des engagements figurant dans l'Agenda 21, d'évaluer la pertinence des financements et d'analyser la contribution des organisations non gouvernementales compétentes.

1994 : Conférence Européenne sur les villes durables. Celle-ci aboutit à l'adoption et à la signature par plus de 300 municipalités de la Charte d'Ålborg (du nom de la ville du Danemark où a lieu la conférence), dans laquelle sont définis les principes de base pour un développement durable des villes et fixées des lignes d'orientation pour des plans d'action locaux. Cette charte s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'application des principes de développement durable présentés dans les textes de l'Agenda 21.

Décembre 1997 : Conférence de Kyoto. Nouvelle réunion de la communauté internationale. Kyoto définit un protocole avec des objectifs précis et contraignants, qui témoignent d'une véritable prise de conscience de la nécessité de mettre en œuvre un modèle de développement durable. Ce protocole engage les pays industrialisés et les pays en transition (les pays d'Europe de l'Est) à réduire, à l'horizon 2008-2012, de 5,2 % les émissions des principaux gaz à effet de serre. Mais les objectifs fixés par le protocole de Kyoto soulèvent de nombreux problèmes, que les conférences sur le réchauffement global qui se tiennent à Buenos Aires (Argentine) en 1998 ne parviennent pas à résoudre.

2002 : Sommet mondial du développement durable à Johannesburg. Il est l'occasion pour les Etats des Nations Unies de faire le point sur la mise en œuvre de l'Agenda 21 de Rio et des Conventions Internationales qui furent adoptées pour permettre à l'humanité de progresser dans le sens du développement durable. Des progrès ont certes été réalisés, des freins sont également apparus : Johannesburg vise à relancer la dynamique de Rio à l'échelle internationale et conforter les efforts régionaux, nationaux et locaux, à tenter de susciter un nouvel

engagement politique, qui puisse s'appuyer sur un mouvement démocratique en faveur de nouvelles formes de développement. Lors de ce sommet divers thèmes sont l'objet de débats et de négociations.

*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*



[http://www.cirad.fr/fr/regard\\_sur/devdur/devdur.jpg](http://www.cirad.fr/fr/regard_sur/devdur/devdur.jpg)

## *.Le développement durable et les océans.*

*Nous avons choisi d'étudier le développement durable appliqué aux océans car la gestion de l'eau sera un des principaux enjeux internationaux du XXIe siècle. L'eau est une source d'alimentation pour des centaines de millions d'individus sur la planète, elle est un axe privilégié de communication, et elle joue un rôle majeur dans la régulation climatique, d'où l'importance de la protéger.*

*En France, la politique actuelle pour la protection des océans et des milieux aquatiques est fondée sur quatre principes :*

- *une approche globale (ou intégrée) tenant compte des équilibres physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes : eaux superficielles et souterraines, quantités et qualité.*
- *Un territoire adapté à la gestion des ressources des eaux : le bassin hydrographique*
- *Une concertation et une participation des diverses catégories d'usagers*
- *Des instruments économiques d'incitation : principe du pollueur payeur, de l'usager payeur.*

*Cette politique a été mise en place suite à la prise de conscience de multiples problèmes.*

*Actuellement, 66% de la population mondiale vit dans une zone côtière et cette proportion pourrait augmenter à 75% en 2030.*

*Ces zones côtières sont très dynamiques sur le plan économique car elles sont des lieux où prospèrent la pêche, l'aquaculture, l'extraction de minerais, le développement industriel, la production d'énergie, le tourisme, le stockage des déchets... Elles attirent ainsi des flux conséquents de population, recherchant des moyens de subsistance. En contrepartie de ce dynamisme, les zones côtières se dégradent à très grande vitesse. Les sols s'érodent, les conditions de vie se détériorent à cause de la croissance démographique. D'un autre côté, 90% des activités piscicoles mondiales dépendent de ces zones côtières. Elles hébergent également des écosystèmes extrêmement précieux pour la biodiversité telles que les mangroves, les estuaires, les récifs de coraux, les littoraux et les terrains marécageux.*



*Mangrove (<http://www.bobzook.com>)*

*La dégradation des zones côtières touchera 700 millions de personnes dans le monde vivant de la pêche de par ses conséquences sur*



*<http://photogenia.free.fr>*

*l'Homme. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) la détérioration des eaux de baignade pourrait également être à l'origine de près de 250 millions de gastro-entérites par an, sans compter les maladies respiratoires... On estime que 80% de la pollution marine est d'origine terrestre et que 50% des écosystèmes côtiers seraient touchés plus ou moins fortement par ce phénomène. La pollution des eaux océaniques a donc un impact à la fois sur l'économie mais aussi sur la santé et la biodiversité, d'où l'intérêt de mettre en place des règles pour limiter cette détérioration.*

*Un des principaux coupables de la détérioration de la biodiversité marine est la pêche. En effet, d'après Fisheries Production and Trade, Annual Report: The State of Food and Agriculture FAO, 2001, 60% des pêcheries industrielles mondiales sont au*



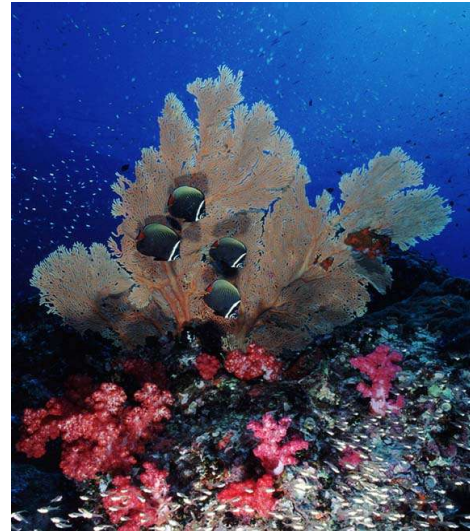
JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

maximum de leur production ou même au-delà ! Par ce fait, de nombreuses espèces sont en voie d'extinction et continuent de décroître et ce aussi bien dans les zones côtières qu'en haute mer.

Un autre facteur à surveiller est le réchauffement climatique qui pourrait entraîner l'élévation du niveau de la mer de 20 à 50cm d'ici 2050. La F.A.O. va même jusqu'à prévoir qu'à l'orée 2080, 22% des zones inondables actuelles auront complètement disparues. Un tel phénomène s'accompagnerait d'érosion des zones côtières et portuaires, et de la salinisation des eaux souterraines, touchant ainsi les réserves d'eau potable contenues dans les nappes phréatiques. Le réchauffement climatique entraînerait aussi des ouragans, des inondations, des sécheresses et des feux, et la décoloration de 50% des récifs coralliens dans le monde, menaçant ainsi les espèces de poisson vivant dans ces récifs.



Récif corallien (<http://www.marine-photo.info/corail.jpg>)

Le tourisme représente aussi une menace en étant le pilier économique de petits états insulaires. Ces îles sacrifient leur meilleur atout, au profit de l'économie, en détruisant des écosystèmes souvent fragiles faisant tout leur charme. L'amélioration de leur sort d'un point de vue économique représente certes un développement, mais celui-ci ne peut être durable, puisqu'il nuit à la biodiversité.

Face à ses problèmes naissant ou grandissant, les gouvernements ont dû prendre des mesures afin de protéger les océans contre la dégradation. La première mesure ayant été prise, date de 1982. Il s'agit du cadre d'action stratégique et est composé à la fois de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, et du chapitre 17 de l'agenda 21 de Rio.

- La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer

Celle-ci a été signée le 10 décembre 1982 par 119 pays, issus de toutes les régions du monde, dès le premier jour où elle était ouverte à la signature. Cette convention comporte tous les aspects des utilisations et des ressources de la mer. Elle énonce les droits et obligations des Etats et constitue l'assise internationale sur laquelle doivent s'appuyer les efforts visant à protéger et à mettre en valeur de façon durable le milieu marin, les zones côtières et leurs ressources.

La création de cette convention avait pour but de :

promouvoir la paix et la sécurité internationales car créant une délimitation universellement reconnue des eaux territoriales, de la zone contiguë, de la zone économique exclusive et du plateau continental.

Faciliter la liberté de navigation grâce aux importants compromis obtenus à l'égard du statut de zone économique exclusive, ainsi qu'au régime de passage inoffensif dans les eaux territoriales, le régime de passage en transit dans les détroits utilisés par la navigation internationale et le régime de passage dans les voies de circulation archipélagiques.

Optimiser l'utilisation des ressources biologiques de la mer grâce à l'application rigoureuse des dispositions prises par la Convention relatives aux zones économiques exclusives.

Introduire de nouvelles règles concernant la préservation et la protection du milieu marin contre la pollution.

Etablir un équilibre équitable entre les intérêts des Etats voulant effectuer des recherches scientifiques et ceux des Etats côtiers dans la zone économique ou sur le plateau continental devant abriter ces recherches.

Introduire le principe selon lequel les ressources des grands fonds marins sont le patrimoine commun de l'Humanité en un ensemble équitable et fonctionnel d'institutions et d'arrangements.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

*Autoriser l'accès au littoral aux Etats en étant dépourvus, et leur autoriser d'avoir accès aux ressources biologiques de la ZEE (zone économique exclusive) de leurs voisins.*

*Structurer les rapports entre pêcheurs côtiers et pêcheurs hauturiers.*

*La Convention a aussi mis en place une certaine protection des ressources de hauts fonds marins en explicitant qu'aucun Etat n'a le droit d'en tirer des ressources sans l'accord de la communauté internationale.*

*A l'heure actuelle, 157 pays au total ont ratifié cette Convention. Il est cependant à noter que les Etats-Unis, grand pays exploitant les ressources internationales n'a toujours pas ratifié cette Convention.*

*- Le chapitre 17 de l'agenda 21*

*Il traite de la protection des océans, des mers et des zones côtières, y compris de la protection, de l'utilisation rationnelle et de la mise en valeur des ressources biologiques. Il préconise notamment une gestion intégrée et une mise en valeur durable des zones côtières, la protection du milieu marin et l'exploitation durable et la conservation des ressources biologiques marines, tant en haute mer que dans les zones sous juridiction nationale. Il met également l'accent sur le développement durable des petits Etats insulaires.*

*- Projet de loi Français sur les eaux.*

*Malgré la diversité de ces dispositions (Convention, Loi ou texte), au niveau Français nous avons dû assister à un autre projet de loi, celui adopté au sénat le 14 avril 2005. Il a été établi sur plusieurs motifs.*

*Le premier motif fut le constat que malgré les différents projets de loi sur l'eau ou la pêche, de 1964, 1984 et 1992, la qualité des eaux françaises n'est toujours pas satisfaisante surtout à cause des pollutions ponctuelles ou diffuses non maîtrisés.*

*De plus, diverses lois avaient fait leur apparition mais ne sont toujours pas cohérentes les unes par rapport aux autres. A titre d'exemple, les accords établis entre les organisations institutionnelles de la pêche en eaux douces, l'Etat, et l'organisation représentative des pêcheurs, datent d'une soixantaine d'année et ne sont plus adaptés aux besoins des pêcheurs d'aujourd'hui.*

*Le deuxième motif fut le respect des objectifs de la directive-cadre. Un de ces objectifs était le fait d'atteindre en 2015 le bon état écologique sur les trois quarts des masses d'eau. Aujourd'hui, on peut envisager d'atteindre cet objectif que sur la moitié.*

*Malgré tous ces points négatifs, quelques acquis positifs ont néanmoins influencé la création de ce nouveau projet de loi, à savoir:*

*- depuis plus de trente-cinq ans, l'existence d'agences de l'eau financièrement autonomes associant les acteurs de l'eau à leur gestion à travers les comités de bassin.*

*- des outils de planification pour la gestion des ressources en eau à l'échelle des grands bassins et des sous bassins ont été déterminés.*

*- une approche écosystémique de la gestion des milieux aquatiques, instituée par les lois sur la pêche de 1984 et la loi sur l'eau de 1992, est apparue.*

*- un régime de police de l'eau complet, mais susceptible d'améliorations, a été mis en place après la loi sur l'eau de 1992.*

*Passons maintenant aux grands axes de ce projet. Ils sont au nombre de sept dont voici les titres et leurs contenus :*

◆ *Rénover l'organisation institutionnelle, notamment les agences de l'eau et le conseil supérieur de la pêche :*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

Le projet de loi a pour ambition de réformer, dans le sens d'une meilleure efficacité, l'ensemble du système, qui s'est bâti par couches successives depuis l'après-guerre.

◆ *Lutter contre les pollutions diffuses :*

Le projet de loi propose la mise en place de plans d'action sous forme de mesures contre les pollutions diffuses, bénéficiant d'aide, et pouvant devenir obligatoires dans les secteurs sensibles comme les zones d'alimentation de captages, zones humides d'intérêt particulier et enfin les zones d'érosions diffuse.

Il donne les moyens d'assurer la traçabilité des ventes des produits phytosanitaires et des biocides et instaure un contrôle des pulvérisateurs utilisés pour l'application de ces produits. Il permet en outre à certains agents de la police de l'eau d'effectuer des contrôles sur les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires. La taxe générale sur les activités polluantes applicable aux produits phytosanitaires est transformée en une redevance au profit des agences de l'eau.

◆ *Reconquérir la qualité écologique des cours d'eau :*

Le respect du bon état écologique suppose que les milieux aquatiques soient entretenus en utilisant des techniques douces et que les continuités écologiques soient assurées, tant pour les migrations des espèces amphihalines (vivant alternativement en eau douce et en eau salée), que pour le transit sédimentaire.

Le projet de loi propose également que le débit minimum imposé au droit des ouvrages hydrauliques soit adapté aux besoins écologiques et énergétiques et que leur mode de gestion permette d'atténuer les effets des éclusées.

◆ *Renforcer la gestion locale et concertée des ressources en eau :*

Il permet l'assouplissement des règles de composition et de fonctionnement des commissions locales de l'eau, chargées d'élaborer les schémas d'aménagement et de gestion des eaux et de suivre leur mise en œuvre afin de les rendre plus opérationnels.

◆ *Simplifier et renforcer la police de l'eau :*

Il a pour ambition d'unifier les outils issus de la législation sur la pêche et de la législation sur l'eau, de façon à ce que les rivières soient traitées par un corpus réglementaire unique. Une ordonnance de simplification administrative est par ailleurs en préparation. Celle ci permettra une amélioration et une simplification de la nomenclature en matière de police de l'eau.

◆ *Donner des outils nouveaux aux maires pour gérer les services publics de l'eau et l'assainissement dans la transparence :*

Il donne des compétences accrues aux communes en matière de contrôle et de réhabilitation des dispositifs d'assainissement non collectif ou des raccordements aux réseaux, ainsi que de contrôle des déversements dans les réseaux.

Il améliore la transparence de la gestion des services d'eau, d'assainissement et facilite l'accès à l'eau de tous les usagers, y compris les plus démunis.

◆ *Réformer l'organisation de la pêche :*

La gestion durable du patrimoine piscicole et des habitats est d'intérêt général et participe à la gestion équilibrée de la ressource en eau.

La pêche, activité à caractère environnemental, touristique, social et économique, en constitue le principal élément. Le projet de loi modernise l'organisation de cette activité et responsabilise ses acteurs.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

*.La chimie, le développement durable et les océans*

## **.A Comment la chimie permet-elle l'analyse et la protection des eaux océaniques ?**

*Nous aimerions introduire cette partie par une fiction rédigée par Armand Lattes (Professeur à l'Université P. Sabatier de Toulouse) : « Et si les chimistes arrêtaient tout ? »*

*« C'est maintenant décidé ! Réunis en assemblée internationale lors de leur congrès annuel, les chimistes de toute origine ont pris la résolution d'arrêter leurs travaux, leurs analyses, leurs activités. Cette décision est la conséquence des critiques incessantes que les consommateurs, les pouvoirs publics, les associations, déversaient dans les médias et cela depuis bientôt un siècle. Attachés au bien public, soucieux de la protection des individus, attentifs à l'impact de tous les phénomènes -naturels ou non- sur la planète, ils ne supportaient plus d'être mis au ban d'une société qui les accusaient d'être responsables de tous les maux qu'ils s'efforçaient, au contraire, de détecter et de corriger.*

*C'est avec mélancolie, mais détermination, qu'ils se sont séparés, rejoignant leur destination d'origine pour se consacrer à d'autres activités que leur formation très large et leurs goûts propres leur permettaient d'aborder.*

*Au début cette décision a été accueillie avec des sentiments unanimes de soulagement: les associations écologistes se félicitèrent de la disparition de leur cible privilégiée, les consommateurs applaudirent au retour d'une nature qu'ils estimaient dégradée par les activités chimiques et les esprits forts - de droite comme de gauche - ne manquèrent pas de s'attribuer les bénéfices de cette situation, en prétendant bien haut qu'elle était le résultat de leur action.*

*Pendant quelque temps, le public n'observa que peu de différence dans les actes habituels de la vie de tous les jours. Curieusement l'effet sur la pollution atmosphérique fut pratiquement nul : les raffineries disposant de réserves suffisantes en carburant, les véhicules continuaient de rouler, provoquant toujours les mêmes nuisances. Nombreux sont ceux qui purent constater -ce que les chimistes savaient- que les principaux responsables de la dégradation de l'air étaient les transports, l'industrie chimique n'intervenant que pour une fraction minime de la pollution globale.*

*Les premiers signes de changement apparurent lorsque les stocks de carburant commencèrent à s'épuiser. Faute de chimistes pour diriger les opérations de raffinage, d'analystes pour suivre la qualité des produits finis, le pétrole brut s'accumulait dans les cuves ; bientôt il fallut arrêter le flux d'or noir de provenances diverses faute de moyens techniques pour le transformer. Le gouvernement prit alors quelques mesures impopulaires : dans un premier temps le rationnement, puis la saisie des stocks en faveur des secteurs prioritaires santé, ambulances, armée, etc...*

*Le premier hiver ne posa pas trop de problème, compte tenu des précautions individuelles des citoyens qui avaient rempli leurs cuves de fuel, mais ceux-ci constatèrent très vite qu'ils ne pouvaient plus renouveler leur approvisionnement dès lors que les raffineries ne fonctionnaient plus. Heureusement le tout électrique avait été choisi par beaucoup d'entre eux et les conséquences semblaient limitées : les centrales nucléaires continuant, mais sans contrôle chimique, à débiter l'énergie que nécessitait la vie moderne.*

*Il n'en reste pas moins que le mécontentement était perceptible, sauf..., sauf au niveau des associations de protection de l'environnement, qui enregistrèrent une diminution sensible des pollutions de l'air, grâce aux appareils automatiques de détection*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

qui fonctionnaient encore. Rapidement cependant, les réactifs nécessaires au suivi de la présence de polluants dans l'air, vinrent à manquer et toute forme de détection fut désormais impossible à mettre en oeuvre.

A l'issue de cette période, on assista partout à l'utilisation de moyens alternatifs :

- au niveau des transports, la bicyclette revint à l'honneur, et les voitures abandonnées un peu partout, au gré de l'épuisement du carburant, furent remplacées par des vélos que l'on retrouva avec d'autant de plaisir que l'absence de véhicules à moteur permettait enfin de disposer d'espaces cyclables sans crainte d'être renversé ou même écrasé.

mais...mais, l'utilisation intensive de ce mode de transport eut une conséquence inattendue sur les pneumatiques : le mauvais état des rues et des routes, dont le bitume commençait à s'arracher par plaques, provoqua une usure rapide des pneus.

Faute d'être remplacés, les vélos furent à leur tour abandonnés malgré les efforts de ceux qui, se souvenant de la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale, se livrèrent à des opérations hasardeuses pour les maintenir en ordre de marche. Les individus apprirent ainsi que le bitume résultait d'une formulation chimique complexe qui nécessitait la synthèse de substances permettant l'adhésion au gravier et aux pierres, alors que les pneus étaient aussi une formulation subtile, essentiellement -pour ne pas dire totalement- chimique.

- au niveau du chauffage, la situation devint dramatique dès le début du 2<sup>ème</sup> hiver. La deuxième éruption du volcan *PINATUBO* aux Philippines, avait créé une situation difficile car, en polluant l'atmosphère jusqu'à 24 km d'altitude, détruisant 20 % de la couche d'ozone, il avait provoqué une modification climatique telle que la température chuta brutalement. Les hommes et les femmes, manquant de la plupart des énergies auxquelles ils étaient habitués, transformèrent leurs installations pour les adapter aux énergies anciennes qu'ils purent redécouvrir :

\* le charbon d'abord, mais aucun contrôle n'étant effectué et les cokeries ayant fermé, la production de gaz soufrés, et par la même d'acides, fut énorme ! ... et non contrôlée. Il en résulta des dégradations sur les sur les immeubles, une augmentation du nombre d'asthmatiques et la destruction des forêts en raison des pluies acides. De plus, de nombreux cas d'intoxication à l'oxyde de carbone furent enregistrés car le bricolage des chaudières ne permettait pas toujours une combustion complète ;

\* le bois fut aussi une valeur exploitable, et cela d'autant plus que la fermeture des usines de pâte à papier permettait d'en disposer en grande quantité. La France qui possédait un patrimoine forestier important, puisa dans ses réserves, mais celles-ci ne tardèrent pas à montrer leurs limites d'autant plus que la destruction de nombreux hectares par les pluies acides et l'attaque du bois par des parasites rendus virulents en l'absence de moyens chimiques pour les combattre, accentuèrent ce processus.

Un malheur n'arrivant jamais seul, un incident dans une centrale nucléaire lié à l'absence de contrôle chimique de l'évolution du combustible ou de son environnement, obligea les autorités à prendre des mesures immédiates qui devaient aboutir, très vite, à l'arrêt de l'ensemble des centrales.

Disposant d'électricité de façon limitée et par rotation, ne se déplaçant qu'à pied et donc sur de courtes distances, les êtres humains retrouvèrent des instincts de tribus, jalouses de ce qu'elles possédaient et peu disposées à le partager. Cela conduisit à des conflits entre "tribus" et l'instauration d'un régime local belliqueux où la moindre étincelle pouvait conduire à l'affrontement.

Un autre effet de la décision des chimistes atteignit les consommateurs dans un des éléments nécessaires à leur vie : la nourriture. Ce fut d'abord la dégradation des mets ou ingrédients les plus courants, par exemple le sucre -qui de plus était le produit chimique de base le meilleur marché- commença à manquer faute de pouvoir l'extraire de la betterave et de le purifier. D'ailleurs l'absence d'engrais avait provoqué une chute énorme non seulement de la production de la betterave, mais aussi de toute la production végétale. Le rendement à l'hectare du blé était de l'ordre de grandeur de celui du début du siècle dernier tandis que les légumes attaqués par les doryphores, chenilles et autres insectes, devenaient de plus en plus rares. Corrélativement, le nombre de têtes de bétail et d'animaux de basse-cour fut réduit faute de nourriture et en raison des maladies que le vétérinaire ne pouvait traiter en l'absence de médicaments.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

Le lait fut rationné d'autant que l'on ne disposait plus de moyen pour le stabiliser, tandis que les consommateurs retrouvèrent le goût du beurre rance que les antioxydants avaient contribué à faire disparaître. La viande devait être consommée très vite car on ne disposait plus de conservateurs et que les emballages, en carton ou en plastique, ne se fabriquaient plus.

Eclairés à la bougie stéarique (une invention de chimiste) limités dans leurs déplacements, saisis par le froid (puis par la chaleur) nos concitoyens furent l'objet d'une diminution rapide de leur durée de vie. Certaines maladies reprurent le dessus d'autant plus que le manque de médicaments -dont la plupart était le résultat de la synthèse chimique- se fit sentir dès le début de la grève. C'est ainsi que les humains apprirent :

- que certaines hormones n'étaient pas d'origine naturelle mais fabriquées de toute pièce par les chimistes. La pilule anticonceptionnelle venant à manquer, de nombreuses grossesses non désirées furent enregistrées (la disparition de la télévision dont les composants étaient le fruit de la synthèse contribua à l'importance du phénomène !);

- que, même issus de substances naturelles, des molécules anticancéreuses, comme le taxotère étaient optimisées par modulation chimique ;

et surtout... découverte inattendue pour beaucoup, que l'aspirine était un produit chimique ! Sa disparition fut cruelle et évidemment pas compensée par la décoction de feuilles de saule, dont on sait, depuis l'ancien régime, que l'effet est limité.

D'autres conséquences, plus ou moins graves, furent enregistrées : dans le domaine de l'habillement tout d'abord. Les fibres artificielles ayant disparu, la variété de structures qu'elles permettaient de réaliser (protection du froid, de la chaleur, résistance aux intempéries, tissus intelligents ... etc.) disparut. Les fibres naturelles reprurent de l'importance : la laine d'abord (mais les moutons diminuant en nombre la disponibilité de cette matière fut réduite), le coton ensuite, mais les pesticides n'étant plus disponibles des champs entiers furent détruits.

Les humains se retrouvant dans des conditions voisines de celles que leurs parents et grands-parents avaient connues pendant la deuxième guerre mondiale, réapprirent à utiliser tous les déchets et à récupérer le moindre tissu, par exemple les garnitures des voitures abandonnées furent ainsi utilisées et les pantalons s'ornèrent de fonds de culotte peu adaptés aux couleurs originelles. D'ailleurs les colorants aussi vinrent à manquer et, faute de diversité, la tristesse s'abattit sur les vêtements aux teintes grise, marron, ou blanche délavée que la disparition des détergents empêchaient de rendre vraiment blanches sinon plus blanches que le blanc. Plus question de porter des jeans : le colorant bleu artificiel ne pouvant être remplacé par les faibles quantités de produits issus du pastel dont la région toulousaine avait repris la culture.

La situation devenait intolérable ! La population ne disposait plus de moyens d'expressions :

- plus de papier ni d'encre d'imprimerie
- radio et TV arrêtées : fils conducteurs et antennes non remplacées, écrans détruits, électronique sans composants.
- Des forums servirent alors de lieu de ralliement où chacun pouvait s'exprimer unanimement un accord fut conclu : une délégation devait intervenir auprès des politiques pour que cette situation cesse et que les chimistes reprennent leurs activités.

Un comité, dirigé par le vice président du Sénat et le conseiller scientifique du Président de la République (tous deux anciens chimistes), fut chargé de rencontrer les chimistes pour les convaincre de revenir sur leur décision. Ce ne fut pas chose facile car il fallait d'abord les retrouver. Comme ils l'avaient dit au début des hostilités, tous s'étaient reconvertis, par exemple :

- Pierre Potier, découvreur de 2 médicaments anticancéreux, avait ouvert une herboristerie ;
  - Jean-Marie Lehn, Prix Nobel, de chimie 1987, tenait les orgues à la cathédrale de Strasbourg ;
  - Robert Carrie, était entraîneur de l'équipe de football de Rennes ;
- etc, etc...

*Et les français stupéfaits découvrirent ainsi que derrière la chimie, il y avait les chimistes et que ceux-ci étaient des hommes et des femmes comme eux partageant les mêmes joies et les mêmes soucis, respectueux de la nature et de l'environnement.*

*Le début des négociations fut marqué par les hésitations des chimistes qui gardaient le souvenir des reproches passés. Après réflexions, ils acceptèrent de signer un accord sous réserve de l'acceptation par la communauté d'un certain nombre de règles rassemblées dans une charte. Voici les principaux articles de cette charte :*

*1) Les signataires ayant reconnu le bilan positif de l'action des chimistes s'engagent à ne plus rendre les chimistes ni leur spécialité, responsables de tous les maux ;*

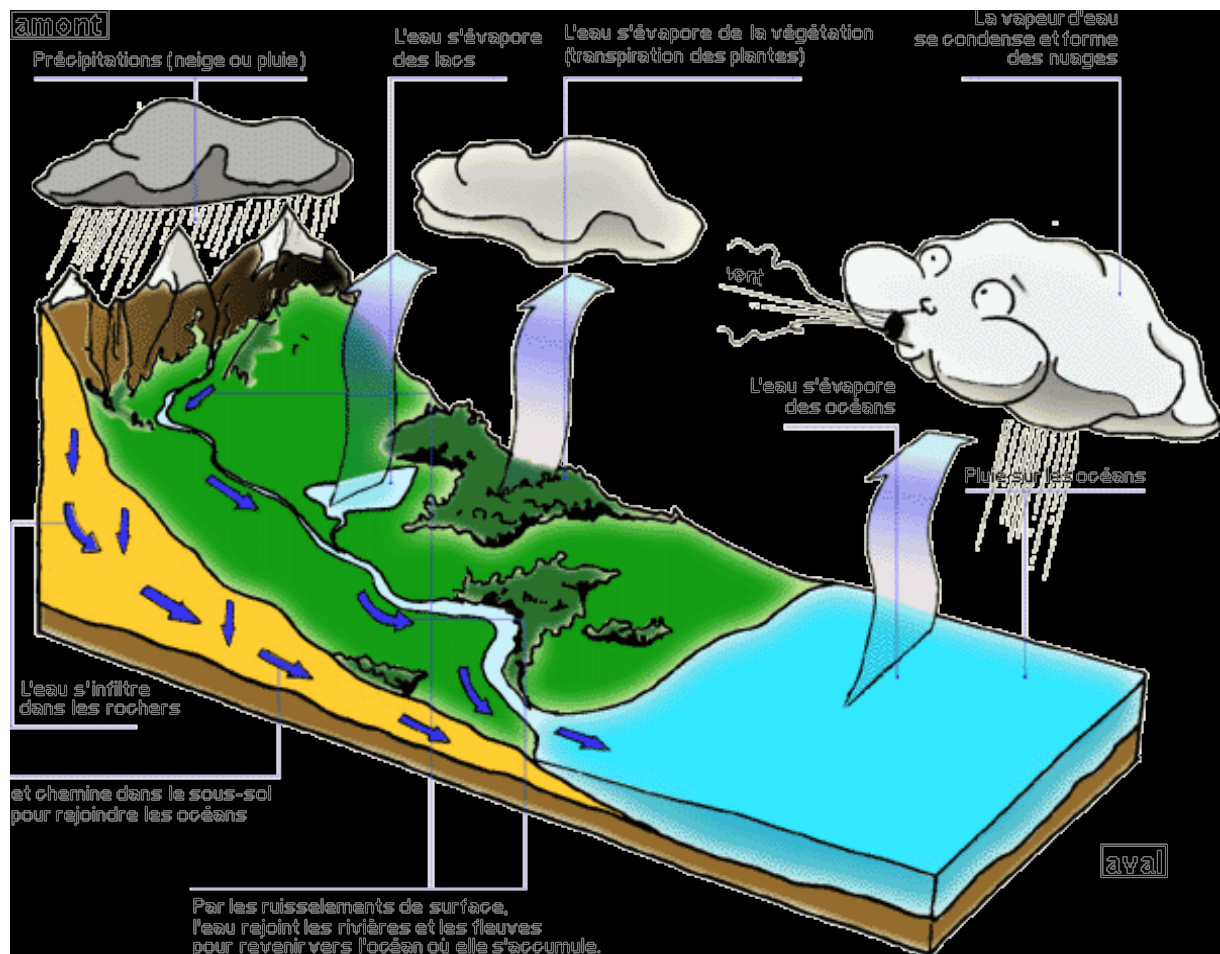
*2) Chaque fois que nécessaire, ils attribueront aux chimistes les actions positives dont ils sont à l'origine et qu'ils avaient tendance à porter au bénéfice d'autres disciplines. Par exemple un médicament synthétisé par un chimiste ne sera plus obligatoirement le résultat unique d'une victoire de la médecine.*

*3) Au lieu d'insister seulement sur les côtés négatifs d'une découverte chimique, une analyse objective de son apport à la société sera pratiquée avant toute diffusion ou prise de position.*

*En contrepartie, les chimistes s'engagent à reprendre leurs activités et à poursuivre leurs efforts pour mettre en place une politique de civilisation durable, respectant l'homme et son environnement et garantissant les effets positifs du progrès aux générations futures »*

*Ce texte démontre bien la nécessité de la chimie dans le monde d'aujourd'hui. En effet, nous ne nous rendons pas toujours compte de la grande place que prennent les chimistes. Pas seulement dans le monde industriel mais dans notre quotidien : Presque chaque objet que nous utilisons est passé dans les mains de chimistes. Soit, lors de son élaboration comme nos médicaments, soit par des analyses. Il est donc indispensable que la chimie ait sa place dans le développement durable mais de l'autre côté de la barre des accusés...*

*En ce qui concerne l'univers de l'eau, il y a surtout un aspect à ne pas négliger : c'est la chimie analytique. Et pour déterminer en quoi cette dernière est utile à la protection de l'eau, intéressons nous d'abord au cycle de l'eau :*



Lors des précipitations, l'eau ruisselle ou s'infiltre et se charge en composants des sols et des roches mères. Ceci lui donne une "identité de base". Puis au cours de son voyage dans les rivières, elle peut acquérir des sels minéraux en grande quantité (calcium, magnésium, sulfates...) ou d'autres composés (fer, manganèse...).

D'autres éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrates, matières organiques, pesticides, micro-organismes...).

La nature et l'occupation des sols jouent donc un rôle prépondérant.

L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux. L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population.

La chimie analytique peut d'après ces informations établir différents paramètres pour obtenir une « carte d'identité » de l'eau mais aussi agir dès que l'analyse détecte des anomalies. C'est pour cela que les analyses sont indispensables pour assurer la sécurité humaine, animale... ou tout simplement de la nature elle-même. Ces paramètres sont classés en sept grandes catégories :

- les paramètres organoleptiques :

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau.



- *les paramètres micro biologiques :*

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies, c'est-à-dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques.

- à 37 degrés, en 24 heures, on isole les bactéries vivant chez l'homme et les animaux à sang chaud. Nombre guide : 10/ml, pas de concentration maximale.
- à 20-22 degrés, en 72 heures, on isole les bactéries du milieu naturel. Nombre guide : 100/ml

Les bactéries pouvant être décelées sont : les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, les clostridie sulfite-réducteurs et les staphylocoques pathogènes.

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de clostridie ou de staphylocoques laisse supposer une contamination de ce type. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement.

- *Les paramètres concernant les pesticides et produits apparentés :*

Souvent due à l'utilisation de produits destinés à la lutte contre les parasites, les insectes, ou comme herbicides, la présence de pesticides et des produits apparentés dans l'eau est limitée à des doses infimes, à titre préventif pour la santé.

La réglementation fixe à 0,1 mg/l la concentration maximale par substance individuelle et à 0,5 mg/l le total des substances mesurées.

À forte dose, la toxicité sur l'homme (travailleurs exposés professionnellement) et les animaux est largement prouvée.

- *Les paramètres indésirables :*

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément auprès des consommateurs, autant humains qu'animales : goût (matières organiques, phénols, fer...), odeur (matières organiques, phénols...), couleur (fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, fluor).

- *Matières organiques*  
La contamination des eaux par des matières organiques est mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium.  
Nombre guide : 2 mg/l d'oxygène, concentration maximale : 5 mg/l d'oxygène.
- *Ammonium (NH<sub>4</sub>)*  
Nombre guide : 0,05 mg/l, concentration maximale : 0,5 mg/l  
Si la concentration est supérieure à 0,05 mg/l il faut suspecter une pollution récente.
- *Nitrites (NO<sub>2</sub>)*  
Nombre guide : 0 mg/l; concentration maximale : 0,1 mg/l  
La présence de nitrites dans les eaux est un signe de pollution. Elle justifie une analyse chimique et bactériologique détaillée.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

- Nitrates

Nombre guide : 25 mg/l, concentration maximale : 50 mg/l

En France, actuellement, une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates est officiellement non potable. Cependant, on estime que la consommation d'une eau ayant une teneur en nitrates comprise entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons. Les effets néfastes des nitrates :

- sur la santé : l'ingestion de nitrates à fortes doses est susceptible, sous certaines conditions, de perturber l'oxygénation du sang chez les nourrissons ("maladie bleue", ou méthémoglobinémie). Par ailleurs, elles sont suspectées de participer à l'apparition de cancers digestifs.

- sur l'écosystème : associés au phosphore, les nitrates modifient le comportement de certaines espèces végétales. Dans les eaux douces, elles participent aux phénomènes de prolifération d'algues microscopiques, préjudiciables aux traitements de potabilisation et à la sécurité des baignades (diminution de la transparence de l'eau). Dans les eaux de mer, cette prolifération se manifeste par des accumulations importantes d'algues vertes sur les plages.

- Fer

Nombre guide : 50 mg/l, concentration maximale : 200 mg/l

Les besoins journaliers de l'organisme sont de 1 à 2 mg de fer. Les limites de potabilité sont basées sur des effets esthétiques, le seuil gustatif, les effets ménagers et les inconvénients qu'entraîne le fer, à trop fortes concentrations, dans les réseaux de distribution. À des concentrations de l'ordre de 300 mg/l, le fer tache le linge et les installations sanitaires et donne mauvais goût à l'eau.

### - Les paramètres toxiques :

Une pollution industrielle de captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cyanure, cadmium, arsenic...).

Si vos canalisations sont en plomb (installations anciennes), l'eau, surtout si elle est acide, peut le dissoudre. Le plomb expose au risque de saturnisme. La teneur en plomb est limitée actuellement à 10 mg/litre.

### - Les paramètres concernant les eaux adoucies :

Des seuils de teneurs en calcium et en magnésium (dureté) et d'alcalinité (pH) ont été fixés pour que l'eau adoucie convienne à la consommation humaine.

- L'acidité de l'eau (pH)

Le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5. Le maximum admis est 9,5. Des pH inférieurs à 7 peuvent provoquer une corrosion des tuyauteries métalliques. La corrosion augmente avec la diminution du pH.

- Dureté

La dureté d'une eau correspond à la présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, de sels de magnésium (de strontium, de baryum). On l'exprime en général en milligrammes d'équivalents de carbonate de calcium par litre.

### - Les paramètres en relation avec la structure de l'eau :

Ce sont eux qui font l'identité de base de l'eau. Ils sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...).

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

- **Conductivité**  
*La conductivité électrique permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.*  
*Eau d'alimentation : Nombre guide = 400 micro S/cm*
  - 50 à 400 : qualité excellente
  - 400 à 750 : bonne qualité
  - 750 à 1500 : qualité médiocre mais eau utilisable
  - > 1500 : minéralisation excessive
- **Titre alcalimétrique**  
*Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau.*
- **Chlore**  
*Pour le chlore (chlorures), le nombre guide est de 25 mg/l. La concentration "à risque" est de 200 mg/l. Les eaux chlorurées alcalines sont laxatives et peuvent poser des problèmes aux personnes atteintes de maladies cardiovasculaires ou rénales. Elles peuvent être aussi un signe de pollution (rejet industriel ou rejet d'eaux usées).*
- **Sulfates**  
*Nombre guide : 25 mg/l, concentration maximale : 250 mg/l*  
*Des concentrations supérieures à 250 mg/l ne sont pas dangereuses mais comportent un risque de troubles diarrhéiques, notamment chez les enfants. La présence de sulfates est liée à la nature des terrains traversés. Elle peut également témoigner de rejets industriels*

## **.BChimie verte**

*La chimie verte (ou encore appelée chimie propre) est l'application d'un ensemble de principes visant à réduire, voire à éliminer l'emploi ou la formation de substances dangereuses dans la conception, la fabrication et l'application des produits chimiques (définition donnée par « U.S. Environmental Protection Agency » en 1991).*

*L'industrie chimique s'est considérablement développée au cours du vingtième siècle, et plus particulièrement après la deuxième guerre mondiale. La chimie fait aujourd'hui partie de notre quotidien : l'essentiel des produits que nous consommons ou utilisons ont, au moins à une étape de leur fabrication, un lien avec l'industrie chimique.*

*Cependant, l'image de la chimie auprès du public s'est progressivement dégradée au rythme de catastrophes aux conséquences humaines ou écologiques lourdes. Par exemple, on découvre en 1961 que la thalidomide, prescrite comme antinauséeux, provoque des malformations du nouveau-né lorsqu'elle est administrée aux femmes enceintes durant les premiers mois de la grossesse. Vers la même période, le DDT (insecticide longtemps considéré comme une solution miracle dans la lutte contre le paludisme en raison de son efficacité dans l'éradication des moustiques vecteurs de la maladie) se révèle être un polluant organique persistant : on en retrouve dans l'environnement longtemps après l'épandage et il s'insère dans la chaîne alimentaire de l'homme ; son utilisation est aujourd'hui très réglementée, et il est interdit dans de nombreux pays. De plus, les accidents industriels comme ceux de Seveso (Italie 1976), Bhopal (Inde 1984) ou plus récemment l'explosion de l'usine AZF (Toulouse 2001) ont marqué durablement les esprits.*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

Cependant, la fréquence de ces événements était et reste encore très faible. En revanche, tout au long de sa phase d'expansion intense, l'industrie chimique a libéré des substances de manière non contrôlée dans les airs, les eaux ou les sols. En effet, la dilution était alors considérée comme la meilleure solution aux problèmes de pollution ! La prise de conscience relativement récente de l'étendue et des effets de cette pollution a imposé la nécessité de changer le mode de développement de l'industrie chimique. Une réflexion sur une « réforme de la chimie » s'est engagée, réflexion qui s'insère dans le cadre de travaux de plus grande ampleur sur l'impact des activités humaines sur l'environnement : le développement durable.

C'est la notion de développement durable qui a introduit la notion de chimie verte, car la chimie est de manière significative associée aux interrogations posées par le développement durable. C'est aux Etats-Unis qu'est né le concept de chimie verte dans les années 1990 dans le but d'offrir un cadre à la prévention de la pollution liée aux activités chimiques.

Dans l'industrie chimique actuelle, beaucoup de solvants dangereux pour la planète sont utilisés. D'après une étude menée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, dans 80 maisons et 9 écoles en France, 3 substances toxiques sont toujours présentes dans l'atmosphère. Il s'agit du benzène, du tétrachloroéthylène et du trichloroéthylène. Les taux constatés sont largement supérieurs aux taux présents dans l'air extérieur, et les probables responsables sont les détergents et les adhésifs. Ces polluants ne sont malheureusement pas les seuls. Il faut donc trouver un moyen pour réduire au maximum l'utilisation ou la fabrication de substances nocives pour l'Homme et pour l'environnement. Pour cela les chimistes ont des solutions, et parmi celles-ci apparaît la chimie verte. Néanmoins, les coûts qu'elle engendre freinent encore son utilisation.

La chimie verte vise donc à résoudre des problèmes importants pour l'humanité et l'environnement. Pour cela, trois domaines se détachent :

- La conception de technologies novatrices pour assurer la disponibilité et l'emploi d'énergies renouvelables
- Le développement de ressources renouvelables et de produits qui en dérivent
- La création de technologies qui n'entraînent pas de pollution.

C'est pour cela que dans leurs recherches les chimistes devront prendre en compte les questions de l'impact sur l'environnement et de la durabilité, d'où le lien avec le développement durable. Afin de résoudre certains grands problèmes de développement durable pour lesquels les chimistes auront beaucoup à proposer, il faudra nécessairement s'engager à long terme. De ce fait, la chimie verte ne doit pas devenir un phénomène de mode.

Les règles de la chimie verte ont été énoncées en 12 grands principes, par les chimistes américains Paul T Anastas et John C. Warner, qui sont :

1. Il est préférable d'éviter les déchets plutôt que de traiter ou éliminer ces déchets une fois formés.
2. Les méthodes de synthèse doivent être conçues pour optimiser l'incorporation dans le produit final de tous les constituants employés dans un procédé.



Incendie de l'usine chimique de Seveso (Italie), 1976.

*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*

*3. Les méthodologies de synthèses doivent, autant que faire se peut, être conçues pour employer ou produire des substances qui possèdent peu ou pas de toxicité pour l'Homme et l'environnement.*

*4. Les produits chimiques doivent être conçus pour conserver l'efficacité des fonctions recherchées tout en réduisant leur toxicité.*

*5. L'emploi de composés auxiliaires (par exemple : solvants, agents de séparation...) doivent autant que possible être évités, et être inoffensifs lorsqu'ils sont utilisés.*

*6. Les besoins énergétiques doivent être évalués pour leur impact environnemental et économique et être minimisés.*

*7. Une matière de départ doit être renouvelable plus que non renouvelable chaque fois que ceci peut être techniquement et économiquement possible.*

*8. Une dérivatisation inutile (par exemple : protection/déprotection, modification temporaire d'origine physique ou chimique) doit, autant que faire se peut, être évitée.*

*9. Les réactifs catalytiques (aussi sélectifs que possible) sont supérieurs aux réactifs stoechiométriques*

*10. Les produits chimiques doivent être conçus de façon à ne pas persister dans l'environnement après leur utilisation et doivent se transformer en produit de dégradation inoffensive.*

*11. Les techniques analytiques doivent être développées dans le but d'assurer un suivi et un contrôle avant l'émission de composés dangereux.*

*12. La nature et l'état des substances employées dans un procédé chimique doivent être choisis de manière à minimiser les accidents chimiques potentiels, comprenant rejets, explosions et feux.*

*Aujourd'hui, dans de nombreux pays, sont financés des programmes de recherche qui visent à incorporer un ou plusieurs de ces 12 principes lors de la mise en oeuvre d'une synthèse ou d'un procédé chimique. Ils sont parfois développés dans le cadre d'instituts spécialement dédiés à la chimie verte dont l'objectif premier est son développement, la diffusion de ses procédés et leur incorporation en recherche fondamentale et industrielle.*

*La chimie verte passe d'abord par l'utilisation de molécules dérivées du pétrole moins nocives. Elle cherche aussi - et surtout - à les remplacer par des substances d'origine végétale. Les molécules, qu'elles soient issues du pétrole ou des plantes restent les mêmes. La seule différence, c'est que les chaînes carbonées issues des huiles végétales présentent une structure qui se dégrade plus facilement dans la nature.*

*Comme exemple d'utilisation on peut citer l'huile de colza ou encore l'huile de tournesol qui par hydrolyse ou méthanolyse se transforme en produits de base pour la chimie comme les acides, les esters méthyliques ou le glycérol, ou en dérivés, comme les alcools gras, ou le sel d'ammonium quaternaire.*

*Ces produits sont d'ores et déjà utilisés comme « tensioactifs » dans les produits de la vie quotidienne, car sans eux il serait impossible de mélanger l'eau et l'huile et donc de fabriquer la pâte à dentifrice, des produits cosmétiques ou des détergents par exemple.*

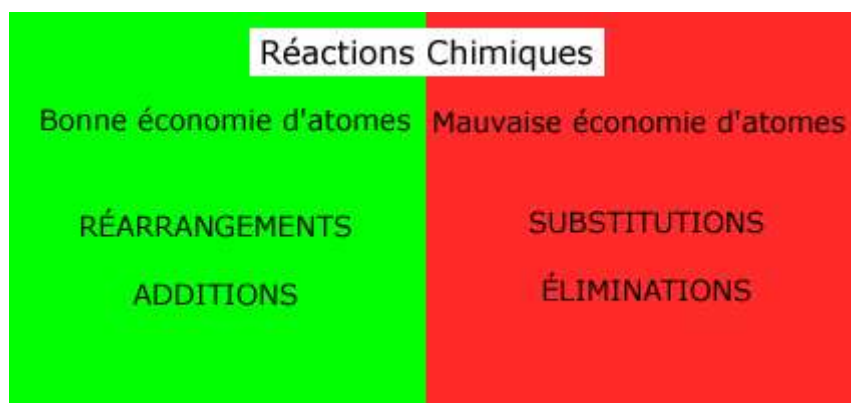
*Les huiles de coprah ou de palme entrent dans la composition de 70% des crèmes de soin. L'huile de ricin est, quant à elle, présente dans les shampooings pour bébés. En effet, elle est amphotère (neutre) et ne pique pas les yeux.*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

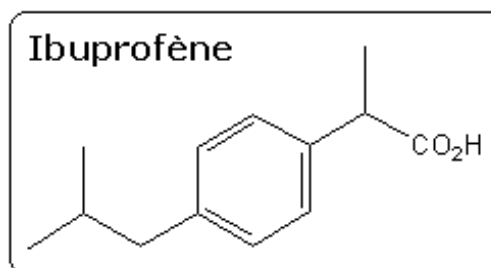
Comme approche méthodologique de la chimie verte on peut citer l'économie d'atomes qui cherche à maximiser le nombre d'atomes de réactifs transformés en produit au cours de la synthèse. Elle permet de réduire la quantité de résidus de réaction, voire de les supprimer totalement. Son cadre théorique propose un classement des réactions en fonction de l'économie d'atomes qu'elles offrent, classement qui permet d'optimiser les schémas de synthèses :



[http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-dossiertransversaux/EEDD-Chimie\\_Verte\\_Demirdjian.html](http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-dossiertransversaux/EEDD-Chimie_Verte_Demirdjian.html)

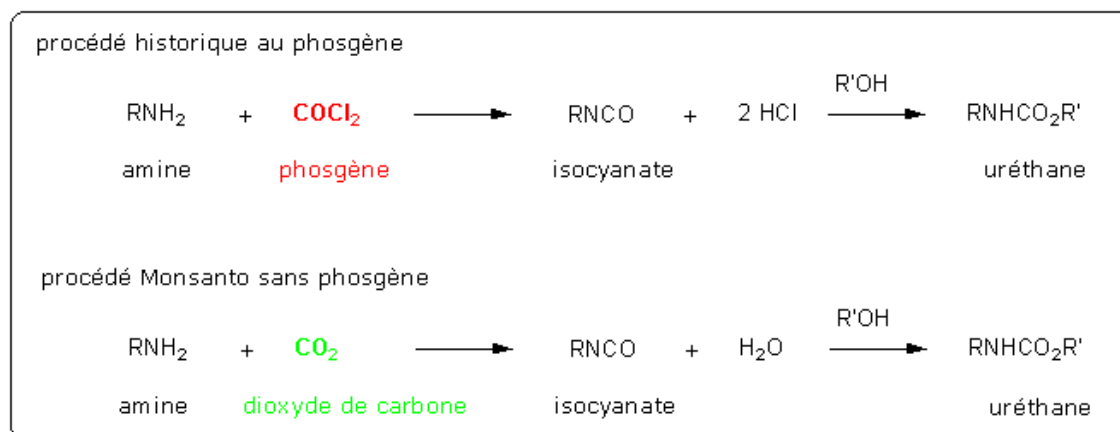
Une autre approche est celle de la catalyse, jouant un rôle central dans la chimie moderne, qui permet de réduire la consommation d'énergie (ce qui présente un intérêt économique et environnemental), de diminuer les efforts de séparation car elle augmente la sélectivité des réactions, et de diminuer la quantité de réactifs utilisés.

Une application intéressante de ce procédé est la synthèse de l'ibuprofène, un anti-inflammatoire, principe actif de plusieurs anti-douleurs commerciales. L'ibuprofène est synthétisé en quantités industrielles depuis les années 1960 par le procédé Boots. Cette synthèse se déroule en six étapes et génère des quantités très importantes de déchets qu'il faut séparer et éliminer : la production annuelle de 13 000 tonnes d'ibuprofène génère plus de 20 000 tonnes de déchets. Au début des années 1990, la société BHC a développé et mis en exploitation industrielle un procédé catalytique en trois étapes qui génère une quantité beaucoup plus faible de produits secondaires. En effet le seul sous produit synthétisé est l'acide éthanoïque, qui est lui récupéré et valorisé. On peut ainsi considérer que tous les atomes utilisés sont récupérés !



Il existe également la notion de réactifs verts qui sont des réactifs faiblement ou non toxiques pour les humains et sans conséquences sur l'environnement. De nombreux efforts sont entrepris pour substituer des réactifs verts aux réactifs toxiques dans les synthèses industrielles. La synthèse de l'isocyanate, composé de base de l'industrie des polymères, est à cet égard un exemple parlant.

Les polyuréthanes sont des polymères très répandus, utilisés dans un grand nombre d'applications commerciales. Le monomère uréthane est obtenu à partir d'isocyanate traditionnellement synthétisé par l'action du phosgène sur une amine. Or le phosgène est un gaz extrêmement toxique. La société Monsanto a développé un procédé de synthèse où le phosgène est remplacé par le dioxyde de carbone, non-toxique :



On peut aussi utiliser ce qu'on appelle des « solvants verts », développé en réponse aux restrictions importantes imposées à l'utilisation de solvants traditionnels. Ainsi, on note l'utilisation du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ , à l'état supercritique (intermédiaire entre gaz et liquide), aujourd'hui utilisé comme substitut aux solvants organiques apolaires. Il remplace par exemple le tétrachlorométhane  $\text{CCl}_4$ , composé très toxique, dans le procédé de décaféination.  $\text{CO}_2$  cumule de nombreux avantages : c'est un composé non-toxique, non-inflammable, renouvelable et bon marché.

L'eau, composé vert par excellence, est également utilisée comme solvant de substitution de solvants organiques mais polaires.

Le prix Nobel de chimie 2005, attribué au français Yves Chauvin pour avoir trouvé le mécanisme de la métathèse est un bon encouragement pour la chimie verte. La métathèse permet de transformer des oléfines, inintéressantes pour le marché, obtenues après le raffinage du pétrole, en d'autres oléfines très utiles dans l'industrie pharmaceutique, et dans la fabrication de matériaux plastiques. Dans l'industrie pharmaceutique, actuellement 20% des médicaments seraient fabriqués à partir de réactions de métathèse permettant de réduire le nombre important d'étapes dans une synthèse. Dans le secteur des polymères, la métathèse permet également de fabriquer de manière très efficace des macromolécules biodégradables ou possédant une plasticité remarquable.

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

Dans ses autres applications, la chimie verte reste encore marginale. Ainsi, la France ne produit chaque année que 300 000 tonnes de diester, biocarburant issu du colza et du tournesol, soit à peine plus de 1% du gazole consommé. Ce pourcentage va cependant croître. Un projet de directive européenne veut imposer un taux obligatoire d'adjonction de biocarburant (2% en 2005, 5,75% en 2010).

Des lubrifiants non polluants font également leur apparition, pour des usages précis, comme l'entretien des moteurs de hors-bord ou des chaînes de tronçonneuse. «Les forestiers consomment 3 litres d'huile par jour, explique Maurice Dohy, chef du département biomasse à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). Nous avons calculé qu'un bûcheron épand ainsi en forêt 700 litres de produits pétroliers par an. L'utilisation d'un lubrifiant biodégradable est donc bénéfique pour le milieu naturel.» En 2000, l'Allemagne a voté des incitations fiscales et réglementaires pour favoriser son usage.

Le plastique biodégradable s'impose peu à peu chez les agriculteurs. Un simple coup de labour le fait disparaître après la récolte de fraises ou de salades. Contrairement au plastique issu du pétrole, qui reste au coin du champ, charge à l'exploitant de s'en débarrasser. Bientôt, celui-ci ne pourra plus le brûler et devra payer une mise en décharge pour un prix supérieur à 45 euros la tonne. Cette obligation nouvelle devrait généraliser l'utilisation d'une matière dont le seul défaut est d'être deux fois plus chère à l'achat.

Car le problème de la chimie verte reste son coût. «Cette situation va s'arranger avec la hausse du prix du pétrole, parie Frédéric Fabre, dirigeant de Novance, filiale des chimistes Rhodia et Aventis et de Sofi Protéol, filière agricole d'oléagineux. Ainsi, avec un baril à 25 dollars, dans dix ans, les lubrifiants verts devraient représenter 20% du marché, contre de 1 à 2% aujourd'hui.» La perspective d'un épuisement des réserves mondiales de pétrole avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle devrait accélérer ce mouvement. En effet à l'heure actuelle la principale source de carbone utilisé en chimie organique est le pétrole. Or avec la raréfaction de celui-ci il va falloir trouver une alternative. La biomasse et les produits agricoles pourraient être cette alternative.

Les grands de la chimie ont tous des programmes de recherche en place pour trouver les composés de demain qui permettront de remplacer les produits multiples de tous les jours qui dérivent du pétrole. C'est néanmoins une tâche très complexe qui prendra une trentaine d'années et qui aura des implications pour les produits agricoles eux-mêmes. Il faudra en effet faire pousser des plantes anciennes ou nouvelles qui auront des applications dans cette chimie verte. Parmi les problèmes à prévoir pour la mise en place de cette agriculture on peut citer l'impossibilité de trouver une alternative au pétrole pour la fabrication de certains produits (plastiques à hautes performances), la disponibilité des surfaces agricoles du globe en concurrence avec les besoins nutritionnels d'une population croissante, l'eau nécessaire à l'exploitation de toutes ces surface agricoles...

En conclusion on peut dire que la chimie verte est un concept qui est toujours en cours de développement, qui doit permettre de réduire non seulement la pollution engendrée par les synthèses chimiques, mais aussi de réduire les coûts par un gain de temps et d'énergie engendré par la diminution du nombre d'étapes de synthèse. Cependant, il faut encore trouver des solutions à long terme pour rendre ce concept pleinement utilisable et peu coûteux.

## Conclusion



*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*

Contrairement à ce que dicte la croyance populaire, ce projet tutoré nous a permis de démontrer à quel point la chimie était importante pour la protection de l'environnement et en particulier pour l'analyse des eaux. Ces analyses sont indispensables pour protéger le milieu aquatique, et donc la vie sur Terre.

Mais la chimie n'agit pas seule, c'est par le biais de développement durable et en respectant les règles et les lois établies dans ce cadre ces quarante dernières années qu'elle agit. La chimie analytique permet de vérifier le respect des normes et de détecter les éventuelles pollutions dues à diverses activités humaines. Ainsi elle encourage également la préservation de la biodiversité maritime, et empêche le développement de certaines bactéries pouvant être responsables de maladies chez l'homme. A l'avenir, la chimie verte pourrait également améliorer l'image de la chimie auprès du grand public, et poursuivre sa route aux côtés du développement durable en créant des procédés moins dangereux, moins polluants, notamment dans le domaine de la synthèse. Car il est nécessaire de préciser que malgré la grande aide apportée par la chimie analytique dans l'étude des eaux, certaines synthèses chimiques restent sources de pollution, même si cette dernière tend à se réduire toujours d'avantage.

Pour aller plus loin, la chimie ne contribue pas seulement à la protection des eaux, mais également à la protection de l'atmosphère où elle repère par le biais d'analyses les polluants atmosphériques. Ce sujet serait tout aussi vaste à traiter que celui des océans et de l'eau.

Enfin, grâce à ce projet tutoré nous avons pu constater à quel point l'eau était importante pour la vie, et qu'il est par conséquent essentiel de la protéger et de la respecter, car les êtres vivants en dépendent. Les océans, et les vagues qu'ils produisent pourraient même un jour servir de sources d'énergie alternative... De toute évidence l'avenir de l'Homme passe par l'eau et il est donc de son devoir de la protéger.



JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

## Bibliographie

*La Recherche*, n°394-Février 2006

[www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)

[www.u-bourgogne.fr/LSEO/Equipes/DocEquipes/DocEquipeIgor/PrincipChimiePropre.pdf](http://www.u-bourgogne.fr/LSEO/Equipes/DocEquipes/DocEquipeIgor/PrincipChimiePropre.pdf)

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eaux-usees/>

[http://www.src.br/le\\_site/activites/edile.htm/](http://www.src.br/le_site/activites/edile.htm/)

[www.usherbrook.ca](http://www.usherbrook.ca)

<http://www.lexpress.fr/info/sciences/dossier/pollution/dossier.asp?id=331837> : chimie verte

<http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-chimie-societe-article-SiChimistArretTout.html> : fiction : et si les chimistes arrêtaient leur activité ?

[http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-dossiertransversaux-EEDD-Chimie\\_Verte\\_Demirdjian.html](http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-dossiertransversaux-EEDD-Chimie_Verte_Demirdjian.html) : chimie verte, pb, applications, exemples...

<http://www.gazettelabo.fr/2002archives/brevs/2004/1104/alcimed.htm> : chimie verte : pb, applications, exemples, rentabilité ?

[http://www.rrrt.cict.fr/news/index.php?id\\_news=756](http://www.rrrt.cict.fr/news/index.php?id_news=756) : chimie verte, prix nobel 2005 métathèse

<http://caderange.canalblog.com/archives/2005/12/21/1124218.html> : chimie verte et agriculture : pb à prévoir d'ici 2040

[http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin\\_rmc/rdbrmc/glossaire.html#Debut%20page](http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin_rmc/rdbrmc/glossaire.html#Debut%20page) : définition de quelques termes

Paul T Anastas et John C. Warner *Green Chemistry : Theory and Practice*, Oxford University Press, N.Y. p.30, 1998

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

## Lexique

*Aquaculture* : ensemble de toutes les activités de culture de plantes et d'élevage d'animaux d'eau continentale (douce) ou marine.

*Biodiversité* : désigne la diversité du monde vivant, au sein de la nature.

*Mangrove* : Le terme Mangrove désigne le groupement de végétaux principalement ligneux qui se développent dans la zone de balancement des marées appelée estran des côtes basses des régions tropicales. On trouve aussi des marais à mangroves à l'embouchure de certains fleuves.

*Estuaire* : L'estuaire est la portion d'un fleuve où l'effet de la mer ou de l'océan dans lequel il se jette est perceptible. Cette définition conduit à une controverse. Ainsi certains défendent l'idée que l'estuaire d'un fleuve est toute la portion où l'eau est salée. Pour les autres, c'est l'effet dynamique de la marée sur les eaux fluviales qui doit être pris en compte.

*Ecosystème* : En écologie, un écosystème désigne l'ensemble formé par une association ou communauté d'êtres vivants (ou biocénose), et son environnement géologique, pédologique et atmosphérique (le biotope). Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie. Le rapport entre biosphère et écosphère est le même qu'entre communauté et écosystème.

*Eaux territoriales* : Les eaux territoriales d'un pays sont la zone sur laquelle le pays exerce une pleine souveraineté. Elles s'étendent, à partir de la ligne de basse marée d'une côte ouverte, jusqu'à une largeur de maximum 12 milles nautiques (traité de 1982 sur le droit de la mer).

*Zone contiguë* : s'étend jusqu'à 24 milles au-delà de la mer territoriale. L'état côtier peut exercer certains contrôles (douaniers, fiscaux, etc) et un droit de poursuite pour réprimer les infractions à ses règles nationales.

*Zone économique exclusive* : 1) Zone placée sous juridiction nationale (jusqu'à 200 milles nautiques de largeur) déclarée conformément aux dispositions de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (1982), dans laquelle l'État côtier a le droit d'explorer et d'exploiter les ressources vivantes et non vivantes, et la responsabilité de les conserver et de les gérer. 2) Zone adjacente à un État côtier qui comprend toutes les eaux situées entre a) la frontière littorale dudit État, b) une ligne dont chaque point est à 200 milles nautiques (370,40 km) de la ligne de base à partir de laquelle est mesurée la mer territoriale de l'État côtier (sauf quand il faut prendre en compte d'autres frontières internationales), et c) les frontières maritimes convenues entre ledit État et les États voisins.

*Biomasse* : ce sont tous les résidus de végétation que l'on trouve dans les champs et les forêts sans les utiliser.

*Directives cadre* : Une directive pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

La directive du 23 octobre 2000 adoptée par le Conseil et par le Parlement européen définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Cette directive est appelée à jouer un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau. Elle fixe en effet des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines.

*JOAS Dominique*

*MARTZ Julie*

*2A*

*Comités de bassin : Un comité de bassin d'emploi est constitué, de manière quadripartite, des élus locaux, des chefs d'entreprise, des représentants des salariés ainsi que des représentants du secteur associatif et de l'économie sociale et solidaire.*

*L'objectif d'un comité de bassin d'emploi est de contribuer à la promotion et au développement de l'emploi par l'organisation et l'animation du dialogue et de la concertation sur le territoire, par des propositions d'actions en faveur de l'emploi à la mise en oeuvre desquelles il peut participer ou enfin par la gestion de dispositifs intéressant l'emploi ou l'insertion.*

*Gestion écosystémique : Elle vise à la fois une utilisation raisonnable des ressources biologiques et le maintien (ou l'amélioration) des qualités écologiques, économiques et sociales des écosystèmes qui produisent les ressources exploitées.*

*Zone d'alimentation : Zone depuis laquelle l'eau de pluie s'écoule vers une rivière, un lac ou un réservoir*

*Zone de captage : Zone où l'eau est destinée à la consommation humaine*

*Zone d'érosion diffuse : Endroit où l'arrachement de particules solides se fait sous l'action des gouttes de pluie frappant le sol, particules prises en charge par un ruissellement diffus.*

*Biocides : Les biocides sont des substances actives ou des préparations, contenant une ou plusieurs substances actives destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique.*

*Produits phytosanitaires : Les produits phytosanitaires sont des substances, ou des mélanges, de nature chimique ou biologique, ou des préparations formulées de microorganismes (champignons, virus, bactéries, protozoaires ou toute autre entité biologique microscopique autorépliquante), qui sont utilisés en agriculture, en horticulture, en sylviculture, dans les jardins et les zones d'agrément, sur les produits végétaux stockés et les zones non cultivées, et sont destinés à :*

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux, par la destruction la répulsion ou la limitation de la croissance des organismes nuisibles*
- Détruire ou limiter la croissance des adventices ou des plantes indésirables*
- Réguler ou modifier la croissance des végétaux (autres que les éléments nutritifs).*

*Transit sédimentaire : Transport des sédiments par les cours d'eau.*

*Des éclusées : Volume d'eau lâché à partir d'un ouvrage hydraulique (ouverture d'une porte d'écluse, turbinage d'eau stockée dans un barrage réservoir...) et se traduisant par des variations de débits brusques et artificielles*

*Commissions locales de l'eau : Commission de concertation instaurée par la loi sur l'eau et instituée par le préfet, elle est chargée de l'élaboration, de la révision et du suivi d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Sa composition est fixée par la loi et précisée par décret*

*Assainissement non collectif : Ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales d'une agglomération (assainissement collectif), d'un site industriel (voir établissement classé), ou d'une parcelle privée (assainissement autonome) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement*

*Patrimoine piscicole : Patrimoine touchant les êtres vivants sous l'eau (poisson, plante, corail, etc.)*

JOAS Dominique

MARTZ Julie

2A

*Taxotère : produit chimique*

*Bactérie pathogène : bactérie entraînant une maladie*

*Bactérie aérobie : Bactérie qui requiert de l'oxygène pour survivre et se multiplier*

*Coliformes totaux : Bactéries indicatrices de contamination fécale.*

*Coliformes fécaux : Bactéries indicatrices de contamination fécale*

*Streptocoques fécaux : bactéries de forme arrondie (= cocci) groupées en chaînette. Le genre Streptocoques comporte une trentaine d'espèces dont plusieurs sont pathogènes. Des streptocoques non pathogènes sont utilisés comme ferments dans l'industrie laitière. Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud.*

*Clostridie sulfite-réducteurs (ou Clostridium) : Les clostridie sulfite-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau sous une forme végétative. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.*

*Staphylocoques pathogènes : streptocoque entraînant des maladie*

*Potabilisation : action de rendre potable l'eau captée*

*Saturnisme : Le saturnisme est une maladie due à une intoxication au plomb*